

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-145718

(43) Date of publication of application : 29.05.2001

(51) Int.CI.

A63B 69/36  
G01C 15/00  
H04N 7/18

(21) Application number : 11-329776

(71) Applicant : SUMITOMO RUBBER IND LTD

(22) Date of filing : 19.11.1999

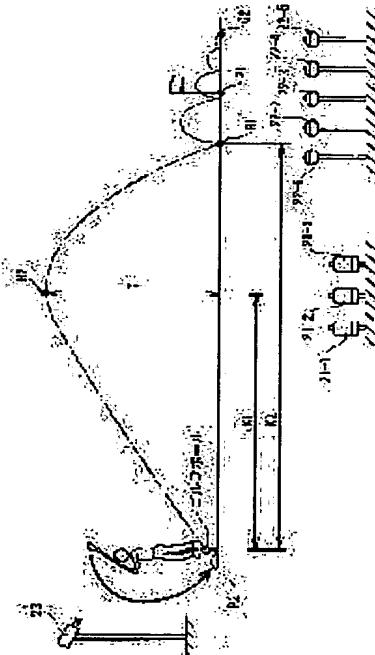
(72) Inventor : YAMAMOTO AKIO  
FUJIKURA TAKAYUKI

## (54) BALL TRAJECTORY MEASURING DEVICE

### (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To display a trajectory of a ball by a single continuous line, and automatically measure the height of the real highest point, carry, deflection, etc., of it.

SOLUTION: CCD cameras 21-1-3 for detecting the highest point, and CCD cameras 22-1-5 for detecting a dropped point are installed in a straight direction to a straight line L connecting a target dropped point position P1 to a striking position P2, and a CCD camera 23 for detecting deflection is installed on the same line with the straight line L. Using the CCD cameras 21-1-3, 22-1-5, and 23, images of a ball during run are taken, the images are processed to detect the highest point and the dropped point, and the height of the real highest point, carry, deflection, etc., are determined by a position calibration and operation process.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-145718

(P2001-145718A)

(43)公開日 平成13年5月29日 (2001.5.29)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
A 63 B 69/36  
G 01 C 15/00  
H 04 N 7/18

識別記号  
5 4 1

F I  
A 63 B 69/36  
G 01 C 15/00  
H 04 N 7/18

テマコード<sup>8</sup> (参考)  
5 4 1 W 5 C 0 5 4  
A  
K

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-329776

(22)出願日 平成11年11月19日 (1999.11.19)

(71)出願人 000183233

住友ゴム工業株式会社  
兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号

(72)発明者 山本 晃生

兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号  
住友ゴム工業株式会社内

(72)発明者 藤倉 隆之

兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号  
住友ゴム工業株式会社内

(74)代理人 100072660

弁理士 大和田 和美

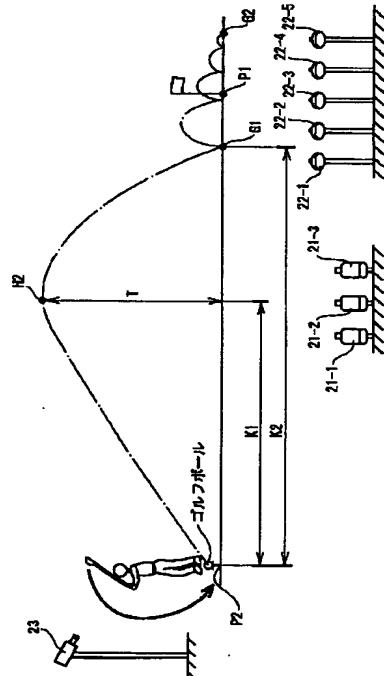
Fターム(参考) 5C054 CC03 CE11 FC00 FC01 FC04  
FC13 FC15 FD01 FD02 FE13  
GB01 HA05 HA16

(54)【発明の名称】 ポール弾道の計測装置

(57)【要約】

【課題】 ポールの弾道を1本の連続した線で表示すると共に、実際の最高点の高さ、飛距離、ズレ等を自動計測可能とする。

【解決手段】 落下目標位置P1と打撃位置P2とを結ぶ直線Lに対して直行方向に最高点検出用CCDカメラ21-1~3と、落下点検出用CCDカメラ22-1~5を設置すると共に、上記直線Lと同一直線上にズレ検出用CCDカメラ23を設置する。上記各CCDカメラ21-1~3、22-1~5、23を用いて飛行中のボールの画像を取り込み画像処理を行って、最高点及び落下点の検出を行い、これら検出点より実際の最高点の高さ、飛距離、ズレ等を位置校正演算処理で算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線に対して直交方向で且つ飛行するボールの予想最高位置に設置する少なくとも1台以上の最高点検出用CCDカメラと、

上記直線に対して直交方向で且つ落下点目標位置近傍に設置する少なくとも1台以上の落下点検出用CCDカメラと、

上記各CCDカメラと個々に接続された画像記憶媒体と、

該画像記憶媒体に接続された演算処理装置を含む画像処理装置と、

上記画像処理装置を制御するために接続された制御装置と、

上記画像処理装置に接続されたモニターとを備え、計測開始用のトリガー信号を受けてから制御装置で指定された時間、ボール画像を上記各CCDカメラから上記画像記憶媒体へ連続的にフレームメモリーとして取り込み、この画像記憶媒体に取り込まれるフレームメモリーを順に上記演算処理装置で差分ピークホールド演算を行って、各フレームメモリーの画素のピークのみをホールドしていくことにより、ボールの弾道だけが連続した一本の線として残存する画像を生成し、該画像を上記モニターで表示させる構成としているボール弾道の計測装置。

【請求項2】 打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線と同方向で落下点目標位置に向けて設置する少なくとも1台以上のズレ検出用CCDカメラと、

上記CCDカメラと個々に接続された画像記憶媒体と、該画像記憶媒体に接続された演算処理装置を含む画像処理装置と、

上記画像処理装置を制御するために接続された制御装置と、

上記画像処理装置に接続されたモニターとを備え、計測開始用のトリガー信号を受けてから制御装置で指定された時間、ボール画像を上記CCDカメラから上記画像記憶媒体へ連続的にフレームメモリーとして取り込み、この画像記憶媒体に取り込まれるフレームメモリーを順に上記演算処理装置で差分ピークホールド演算を行って、各フレームメモリーの画素のピークのみをホールドしていくことにより、ボールの弾道だけが連続した一本の線として残存する画像を生成し、該画像を上記モニターで表示させる構成としているボール弾道の計測装置。

【請求項3】 打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線に対して直交方向で且つ飛行するボールの予想最高位置に設置する少なくとも1台以上の最高点検出用CCDカメラと、

上記直線に対して直交方向で且つ落下点目標位置近傍に設置する少なくとも1台以上の落下点検出用CCDカメ

ラと、

上記直線と同方向で落下点目標位置に向けて設置する少なくとも1台以上のズレ検出用CCDカメラと、

上記各CCDカメラと個々に接続された画像記憶媒体と、

該画像記憶媒体に接続された演算処理装置を含む画像処理装置と、

上記画像処理装置を制御するために接続された制御装置と、

上記画像処理装置に接続されたモニターとを備え、計測開始用のトリガー信号を受けてから制御装置で指定された時間、ボール画像を上記各CCDカメラから上記画像記憶媒体へ連続的にフレームメモリーとして取り込み、この画像記憶媒体に取り込まれるフレームメモリーを順に上記演算処理装置で差分ピークホールド演算を行って、各フレームメモリーの画素のピークのみをホールドしていくことにより、ボールの弾道だけが連続した一本の線として残存する画像を生成し、該画像を上記モニターで表示させる構成としているボール弾道の計測装置。

【請求項4】 上記最高点検出用CCDカメラは、3台以上7台以下であり、各カメラを13mから15mの間隔をあけて地面以上の高さで見上げる向きに設置する構成としている請求項1または請求項3に記載のボール弾道の計測装置。

【請求項5】 上記落下点検出用CCDカメラは、5台以上15台以下であり、各カメラを13mから15mの間隔をあけて地面から1m以上10m以下の高さで見下ろす向きに設置する構成としている請求項1、3、4のいずれか1項に記載のボール弾道の計測装置。

【請求項6】 上記ズレ検出用CCDカメラは、地面から1m以上10m以下の高さで見下ろす向きに設置する構成としている請求項2乃至請求項5のいずれか1項に記載のボール弾道の計測装置。

【請求項7】 上記最高点検出用CCDカメラで取り込まれる上記画像処理装置でボールの弾道だけが連続した線として生成された画像に対して、モニター上の上下いずれか一方から他方に向かって水平走査で、あるいは、左右いずれか一方から他方に向かって垂直走査で順に白黒反転判定を行うことにより弾道の最高点を検出して、最高点の高さ及び打撃位置から最高点に至るまでの距離を自動計測する構成としている請求項1、3、4、5、6のいずれか1項に記載のボール弾道の計測装置。

【請求項8】 上記落下点検出用CCDカメラで取り込まれる上記画像処理装置で、地面に落下する近傍のボールの弾道が連続線として生成された画像に対して、モニター上の上下いずれか一方から他方に向かって水平走査で、あるいは、左右いずれか一方から他方に向かって垂直走査で順に白黒反転判定を行うことによりボールの地面への落下点を検出して、打撃位置から地面に落下する

までの距離を自動計測する構成としている請求項1、3、4、5、6、7のいずれか1項に記載のボール弾道の計測装置。

【請求項9】 上記ズレ検出用CCDカメラで取り込まれ上記画像処理装置で、地面に落下する近傍のボールの弾道が連続線として生成された画像に対して、モニター上の上下いずれか一方から他方に向かって水平走査で、あるいは、左右いずれか一方から他方に向かって垂直走査で順に白黒反転判定を行うことによりボールの地面への落下点を検出して、目標方向からずれた距離を自動計測する構成としている請求項2乃至請求項8のいずれか1項に記載のボール弾道の計測装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はボール弾道の計測装置に関し、特に、ゴルフボールの弾道を1本の連続した線で表示すると共に、実際のボールの飛距離及び目標位置とのズレ等を自動計測できるようにするものであり、ゴルフボール以外にもテニス、野球等のボール競技におけるボールに関する計測にも用いられるものである。

##### 【0002】

【従来の技術】 従来、ボールの弾道等の計測には、CCDカメラを用いて撮影した画像を画像処理装置に取り込んで演算処理を行い、ボールの弾道をモニターに表示するようにしているものがある。

【0003】 上記CCDカメラを用いた例としては、特開平6-323852号において、シャッター付きCCDカメラを用い、該CCDカメラにより撮影した画像を画像処理装置に取り込んで演算処理し、変化のあった部分のみを多層メモリーに書き込むことにより多層化画像を生成し、この多層化画像をモニターに表示させてボールの弾道（軌跡）を計測する方法が提案されている。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記計測方法は、ゴルフボールの飛行状態を時間との対応で分析するため、シャッターコントローラを備えたCCDカメラを用いて、ゴルフボールの飛行状態を時間の関数として解析している。即ち、上記シャッターコントローラにより所定時間毎にシャッターを開閉することで、図10（A）（B）に示す、ボール弾道の画像を得るようしている。

【0005】 このようにすることで、時間毎に対応するボールの位置を計測することができるが、ボール画像が離れた点となるので、図10（B）に示すように、下方から上方に水平走査による白黒反転判定で弾道の最高点を自動検出しようとした場合、点が離れて位置するために容易に最高点の自動検出が行えない不具合がある。また、モニター上で最高点を判定する際に、各ボールの画像間に実際の最高点h（図中二点鎖線で示す）が存在する場合もあるため、確実に最高点の位置を把握できない問題がある。上記内容は、最高点以外でも落下点の検

出においても同様な問題が生じる。よって、最高点や落下点を正確に検出できないため、ボールの飛距離等の計測には測定者が目視等により行う必要があるため手間を要し、測定精度等にも問題がある。

【0006】 本発明は上記した問題に鑑みてなされたもので、ボール、特に、ゴルフボールの飛行状態を時間との対応で分析せずに、連続した1本の線でボールの弾道をリアルタイムに表示して、精度よく弾道の分析ができるようになると共に、実際の最高点の高さ、飛距離、目標位置とのズレ等を自動計測できるようにすることを課題としている。

##### 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、本発明は、打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線に対して直交方向で且つ飛行するボールの予想最高位置に設置する少なくとも1台以上の最高点検出用CCDカメラと、上記直線に対して直交方向で且つ落下点目標位置近傍に設置する少なくとも1台以上の落下点検出用CCDカメラと、上記各CCDカメラと個々に接続された画像記憶媒体と、該画像記憶媒体に接続された演算処理装置を含む画像処理装置と、上記画像処理装置を制御するために接続された制御装置と、上記画像処理装置に接続されたモニターとを備え、計測開始用のトリガー信号を受けてから制御装置で指定された時間、ボール画像を上記各CCDカメラから上記画像記憶媒体へ連続的にフレームメモリーとして取り込み、この画像記憶媒体に取り込まれるフレームメモリーを順に上記演算処理装置で差分ピークホールド演算を行って、各フレームメモリーの画素のピークのみをホールドしていくことにより、ボールの弾道だけが連続した一本の線として残存する画像を生成し、該画像を上記モニターで表示させる構成としているボール弾道の計測装置を提供している。

【0008】 上記のように、最高点の検出用および落下点の検出用となる各CCDカメラを複数個最適位置に設置することで、最高点付近及び落下点付近のボール弾道を横方向から捉えることができ、上記弾道画像より各種検出処理等を行うことで、最高点および落下点を検出できる。

【0009】 また、本発明は、打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線と同方向で落下点目標位置に向けて設置する少なくとも1台以上のズレ検出用CCDカメラと、上記CCDカメラと個々に接続された画像記憶媒体と、該画像記憶媒体に接続された演算処理装置を含む画像処理装置と、上記画像処理装置を制御するために接続された制御装置と、上記画像処理装置に接続されたモニターとを備え、計測開始用のトリガー信号を受けてから制御装置で指定された時間、ボール画像を上記CCDカメラから上記画像記憶媒体へ連続的にフレームメモリーとして取り込み、この画像記憶媒体に取り込まれるフレームメモリーを順に上記演算処理装置で差分ピークホールド

演算を行って、各フレームメモリーの画素のピークのみをホールドしていくことにより、ボールの弾道だけが連続した一本の線として残存する画像を生成し、該画像を上記モニターで表示させる構成としているボール弾道の計測装置を提供している。このように、ズレ検出用のCCDカメラを所要位置に設置すると、後方等よりボール弾道を捉えることができ、該弾道画像を基に落下点を検出して落下点目標位置に対するズレも検出できる。

【0010】さらに、本発明は、打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線に対して直交方向で且つ飛行するボールの予想最高位置に設置する少なくとも1台以上の最高点検出用CCDカメラと、上記直線に対して直交方向で且つ落下点目標位置近傍に設置する少なくとも1台以上の落下点検出用CCDカメラと、上記直線と同方向で落下点目標位置に向けて設置する少なくとも1台以上のズレ検出用CCDカメラと、上記各CCDカメラと個々に接続された画像記憶媒体と、該画像記憶媒体に接続された演算処理装置を含む画像処理装置と、上記画像処理装置を制御するために接続された制御装置と、上記画像処理装置に接続されたモニターとを備え、計測開始用のトリガー信号を受けてから制御装置で指定された時間、ボール画像を上記各CCDカメラから上記画像記憶媒体へ連続的にフレームメモリーとして取り込み、この画像記憶媒体に取り込まれるフレームメモリーを順に上記演算処理装置で差分ピークホールド演算を行って、各フレームメモリーの画素のピークのみをホールドしていくことにより、ボールの弾道だけが連続した一本の線として残存する画像を生成し、該画像を上記モニターで表示させる構成としているボール弾道の計測装置を提供している。

【0011】上記のように、最高点の検出用、落下点の検出用および飛行方向のズレ検出用となる複数の各CCDカメラを全て備えて、各カメラを検出目的に応じた最適位置に設置すると、打撃されたボールの最高点、落下点等における画像を一度に捉えることができる。各カメラで捉えられたボール画像は画像処理装置により適宜処理されて、モニター上で連続した一本のボール弾道線としてモニター上に表示でき、最高点位置、落下点位置、ズレ等を明確に確認できる。上記画像処理装置は、接続するカメラ数と少なくとも同数の画像記憶媒体および演算処理装置を備えると共に、これら画像記憶媒体および演算処理装置は後付も可能であり、接続するカメラ数が増加した場合にも対応できる。

【0012】具体的な画像処理は、各CCDカメラで撮影したボールのアナログ画像信号が画像処理装置内のA/Dコンバータを介してデジタル信号として1/30secのフレームレートで画像記憶媒体に入力される。この画像記憶媒体に連続的に取り込まれた画像信号が演算処理装置に出力され、演算処理装置においてフレームメモリー間の差分ピークホールド演算が順に行われ、各フ

レームメモリーの画素のうち変化のあったピーク（ゴルフボールの場合は白い反射光となるため、濃淡判定で最も白い部分）の画素メモリーのみを残し、変化のない背景等のメモリーが消去される。この処理がゴルフボールの打撃時からボールの停止時までなされることにより、ボールの弾道だけが連続した一本の線として残る1枚の画像が生成される。この演算処理装置で生成された1枚の画像のデジタル信号はD/Aコンバータを介してアナログ信号としてモニターに出力され、生成される連続した1本の線からなるボールの弾道をリアルタイムで、かつ、精度良く観測することができる。

【0013】また、計測開始信号としてのトリガー信号を発生させるために、打撃位置に近接した前側または後側にレーザ検出装置を設置し、該レーザ検出装置を上記制御装置と接続し、該レーザ検出装置により、打撃直前の打撃物（ゴルフクラブ）の通過または打撃されたゴルフボールの通過を検出すると制御装置に検知信号をトリガー信号として出力している。制御装置はホストコンピュータと、該ホストコンピュータと上記画像処理装置との間に介設される弾道測定用のコントロール装置とから構成されており、上記レーザ検出装置からのトリガー信号はホストコンピュータに入力され、ホストコンピュータよりコントロール装置に弾道計測開始の指令が出力されている。この指令を受けて該コントロール装置は画像処理装置が接続されている各CCDカメラからの画像信号の取り込みを始めるように指示信号を出力している。また、上記ホストコンピュータにはボール打撃開始時から計測終了時までの所定時間（6秒～10秒）を予め入力しておき、所定時間が経過すると、ホストコンピュータからコントロール装置に停止指令が出力され、コントロール装置により画像処理装置に画像の取り込みを停止させる信号が出力される。このように、ボールの弾道計測の開始時から終了時までを自動設定すると、弾道を精度よく計測することができる。

【0014】なお、上記CCDカメラは自動絞り機能を備えるようにすると、計測の際、光りのコントラストが広範囲にわたって変化しても、注視したいボール部分の画像信号のレベル合わせが自動で行われ、最適画像を得ることができる。また、カラーCCDカメラを使用すると画像記憶媒体のメモリ容量を大きくする必要が生じるので、モノクロCCDカメラを用いるのが好ましい。

【0015】上記最高点検出用CCDカメラは、3台以上7台以下であり、各カメラを13mから15mの間隔をあけて地面以上の高さで見上げる向きに設置している。さらに、上記最高点検出用CCDカメラの最も打撃位置に近いカメラを打撃位置より45mから90m離れた位置に設置することが好ましい。このように、3台以上7台以下のCCDカメラを上記間隔で設置すると、ボール弾道を切れ目無く捉えることのできる範囲が広がり、最高点の位置が前後しても確実に捉えることができ

る。また、打撃位置側に最も近い位置のCCDカメラを打撃位置より45mから90m離れた設置位置にすると、ゴルフボールの計測において、種々のゴルフクラブによるボールの飛行に対しても確実に最高点を捉えることができる。なお、最高点検出用CCDカメラの数は、上記台数に制限されることはなく、7台より多くのカメラを使用して、一段と確実に最高点を捉えられる範囲を広げるようにしてもよい。

【0016】また、上記落下点検出用CCDカメラは、5台以上15台以下であり、各カメラを13mから15mの間隔をあけて地面から1m以上10m以下の高さで見下ろす向きに設置している。さらに、上記落下点検出用の各CCDカメラは、打撃位置と落下点目標位置を中心に行打撃位置側と打撃位置と反対側に振り分けて設置することが好ましい。一般に、落下点の幅は、最高点の幅より広いため、上記台数のCCDカメラを上記間隔で設置すると、落下点の前後のボール弾道を連続して捉えることができ、確実に落下点を検出できる。また、落下点近傍のボール弾道は地面付近の高さであるため、上記CCDカメラの設置高さを上記数値にすると共にカメラ方向を見下ろす向きに設置すると、より確実にボール弾道を捉えることができる。さらに、上記のように複数のカメラを振り分けて設置すると、ボールの落下点が前後しても対応できる。なお、上記落下点検出用CCDカメラは、上記数値以外の台数も適用可能である。

【0017】上記最高点検出用および落下点検出用の各CCDカメラは、打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線より20mから40m離れた位置に設置している。上記数値の距離だけ離れてCCDカメラを設置すると、ボール弾道を横方向から適切に捉えることができる。

【0018】また、上記ズレ検出用CCDカメラは、地面から1m以上10m以下の高さで見下ろす向きに設置する構成としている。さらに、上記CCDカメラの1台は、打撃位置と落下点目標位置とを結ぶ直線と同一線上で、打撃位置と落下点目標位置との距離の10%の長さだけ打撃位置より前方の位置から該距離の5%の長さだけ打撃位置より後方の位置までの範囲に設置することができる。上記のように、CCDカメラを設定すると、飛行方向がずれた場合であっても、ボール弾道を明確に捉えることができずとも検出できる。また、上記CCDカメラは、上記範囲以外にも、上記直線と同一直線上で落下点目標位置を越えた側から、落下点目標位置の方向にカメラを向けて設置してもよい。さらに、飛行方向が大きくズれた場合もボール画像を捉えられるように、3台から5台程度の複数のカメラを用いてもよい。

【0019】一方、上記最高点検出用CCDカメラを取り込まれ上記画像処理装置でボールの弾道だけが連続した線として生成された画像に対して、モニター上の上下いずれか一方から他方に向かって水平走査で、あるいは、左右いずれか一方から他方に向かって垂直走査で順に白黒反転判定を行うことによりボールの地面への落下点を検出して、打撃位置から地面に落下するまでの距離を自動計測する構成としている。

に白黒反転判定を行うことにより弾道の最高点を検出して、最高点の高さ及び打撃位置から最高点に至るまでの距離を自動計測する構成としている。

【0020】このように、最高点検出用の各CCDカメラにより、ボールが最高点に達する弾道を横方向より確実に撮影して、最高点の検出を行うことができる。この検出は、例えば、各カメラで捉えた弾道に対して最高点判定パラメータを設定して上記演算処理装置に入力しておき、水平走査される白黒反転判定で設定したパラメータ以上に上記走査の線が離れると、そこを弾道の最高点と判定する。モニター上に表示されるボールの弾道は連続した線となるために、最低位置から上に向かって順次水平走査で白黒反転判定を行うと、最高点に達するまでは上記パラメータ以下であり、弾道の最高点に達すると上記パラメータ以上となり、よって、弾道の最高点を正確に検出することができる。なお、水平走査を用いる場合では、最高位置から下に向かって白黒反転判定を行っても検出でき、さらに、垂直走査を用いて左右方向に順次白黒反転判定を行っても検出できる。

【0021】上記のように弾道の最高点を検出できると、CCDカメラ等の打撃位置からの設置距離やカメラ方向の傾斜角度等の各種設定値を予め制御装置内に入力しておくと共に、画面上の位置と実際の位置との相対関係を変換するために、予め位置のキャリブレーション（位置校正）を制御装置等で行っておき、画面上での最高点が実際にはどの程度の高さになるか、また、最高点までの水平飛距離がどれ程になるかを、演算処理で適宜導き出すことが可能となる。

【0022】また、上記落下点検出用CCDカメラで取り込まれ上記画像処理装置で、地面に落下する近傍のボールの弾道が連続線として生成された画像に対して、モニター上の上下いずれか一方から他方に向かって水平走査で、あるいは、左右いずれか一方から他方に向かって垂直走査で順に白黒反転判定を行うことによりボールの地面への落下点を検出して、打撃位置から地面に落下するまでの距離を自動計測する構成としている。

【0023】このように、落下点検出用CCDカメラで取り込んだ画像を基にして、上記同様、水平あるいは垂直走査による白黒反転判定を行うと、落下点を正確に検出でき、制御装置内に予め入力されたカメラ位置等の数値と共にこれらの位置のキャリブレーションを制御装置等で行うことで、打撃点からの飛行距離を演算処理で算出できる。

【0024】さらに、上記ズレ検出用CCDカメラで取り込まれ上記画像処理装置で、地面に落下する近傍のボールの弾道が連続線として生成された画像に対して、モニター上の上下いずれか一方から他方に向かって水平走査で、あるいは、左右いずれか一方から他方に向かって垂直走査で順に白黒反転判定を行うことによりボールの地面への落下点を検出して、目標方向からずれた距離を

自動計測する構成としている。

【0025】上記ズレ検出用のCCDカメラにより取り込まれたボール画像も、1本の線の弾道画像を生成してモニター表示できる。ボールが真っ直ぐ飛べばモニター上には一本の垂直線が表示され、ボールが目標位置に対して左右いずれかの方向にずれて飛べば、左右どちらかにずれた曲線を表示できる。上記ボール弾道を基に、水平走査あるいは垂直走査で順に白黒反転判定を行うことで、画面上で落下点を検出でき、位置のキャリブレーションを行うことで、落下点目標位置から現実にずれた距離を算出できる。

【0026】上述したように、三位置ごとにCCDカメラを備えることで、最高点の高さ、最高点までの距離、飛距離、ずれた距離を自動的に算出できるため、各種ボールの計測等に本装置は好適に用いることができる。なお、上記三位置全てにカメラを設置していない場合は、設置位置から測定可能な対象のみが検出され、例えば、落下点検出用のCCDカメラのみを設置すると、飛距離のみを計測できる。

#### 【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明のボール弾道の計測装置の実施形態を図面を参照して説明する。本実施形態ではゴルフボールの弾道を計測対象としている。

【0028】図1は、ボール弾道の計測装置1であり、各CCDカメラの設置位置を真上から見下ろした状態で示している。最高点のボール弾道を捉える最高点検出用CCDカメラ21-1～3と、落下点のボール弾道を捉える落下点検出用CCDカメラ22-1～5は、落下点目標位置P1と打撃位置P2とを結ぶ直線Lと直行する方向に夫々設置されている。また、ボールのズレを捉えるズレ検出用CCDカメラ23は、上記直線Lと同一線上に設置されている。

【0029】上記最高点検出用CCDカメラ21-1～3は、ボール弾道を横方向から捉える向きに設置しており、最高点が前後しても捉えられるように少なくとも1台以上使用し、より確実に捉えるためには3台から7台程度使用するのが好ましく、本実施形態では3台使用している。具体的な設置箇所は、打撃位置P2に最も近い側のCCDカメラ21-1を、打撃位置P2から直線L方向（図中のX方向）への距離×1が4.5mから9.0m程度離れた範囲で、ゴルフボールを打撃するクラブの種類等により、最高点の位置が前後することを考慮して適正な位置に設置している。また、各カメラ間の間隔は1.3mから1.5mに設定しており、上記直線Lから直行方向（図中のY方向）の距離y1は2.0mから4.0m程度離れた位置にしており、本実施形態では3.0mに設定している。

【0030】上記最高点検出用CCDカメラ21-1～3の設置高さは、図2（A）に示すように、地面の高さ以上の位置に設置すると共に、カメラ方向も見上げる向

きに傾けて設置している。なお、上記距離×1、距離y1および各カメラ間の間隔は、必ずしも上記数値の範囲に限定されるものではなく、例えば、距離y1と各カメラ間の間隔は相対的なものであり、距離y1が長くなれば各カメラ間の間隔を長くしても、最高点付近のボール弾道を連続して捉えることができ、また、使用するカメラレンズの広角度等が異なれば、最適な距離に適宜設定してもよい。さらに、検出精度を一段と向上させたい場合等には、カメラの台数も上記した台数よりも増加させてよい。

【0031】一方、落下点検出用CCDカメラ22-1～5も、上記同様に落下点が前後しても確実にボール弾道を横方向から捉るために少なくとも1台以上使用しており、落下点は最高点に比べて前後する範囲が広いため5台から15台程度使用することが好ましく、本実施形態では5台使用している。設置位置は、落下点目標位置P1を中心に打撃位置P2側に2台、打撃位置P2と反対側に2台、所要間隔をあけて設置している。各カメラ間の間隔および直線Lからの距離y2は上記最高点検出用の各CCDカメラ21-1～3と同様に設定している。

【0032】また、上記落下点検出用CCDカメラ22-1～5の設置高さは、図2（B）に示すように、落下点付近の低いボール弾道を捉えるため、地面より1m以上10m以下の範囲で設置箇所の状況に合わせて高さh1を設定しており、特に、4m～7mの範囲にするのが好適である。また、カメラ方向は直線L付近に合わせて見下ろす向きに傾けている。なお、距離y1、各カメラ間の間隔、カメラ台数は、必ずしも上記数値に限定されるものではなく、計測状況等を考慮して適宜増減させてよい。

【0033】さらに、ズレ検出用CCDカメラ23は、ボールのズレを後方より捉るために少なくとも1台以上使用しており、本実施形態では1台使用している。設置位置は、落下地点を確実に捉るために、直線Lと同一線上（延長線上も含む）で落下点目標位置P1と打撃位置P2間の距離Dの10%の長さだけ打撃位置P2より前方の位置から距離Dの5%の長さだけ打撃位置P2より後方の位置までの範囲で設置することが好ましく、本実施形態では、図1に示すように、打撃位置P2より後方に設置している。また、設置高さは、図2（C）に示すように、ズレ検出用CCDカメラ23も落下点付近のボール弾道を捉るために、地面より1m以上10m以下の高さh2で落下点付近にカメラ方向を向ける見下ろす角度で設置している。

【0034】なお、上記ズレ検出用CCDカメラ23は、ズレの幅が大きい場合や、ズレをより精度よく検出したい場合等は、3台から5台程度のカメラを使用して、上記直線Lと同一線上のカメラの左右に所要間隔で設置するようにしてもよい。また、設置位置も上記範囲

以外に、図2 (C) に示すように、落下点目標位置P1より打撃位置P2と反対側の位置で落下点目標位置P1にカメラ方向を向けてCCDカメラ23'を設置するようにしてもよい。

【0035】上記最高点検出用、落下点検出用、ズレ検出用CCDカメラ21-1~3、22-1~5、23は、本実施形態では自動絞り機能付きのモノクロタイプで、縦横の画素数が $512 \times 480$ で $1/30\text{sec}$ のフレームレートのものを使用している。自動絞り機能を付けることで、計測中に急に太陽が出たり、曇ったりして光のコントラストが変化しても、自動的に光量のレベルを合わせて最適な画像データを得られるようにしている。

【0036】また、上記各CCDカメラ21-1~3、22-1~5、23は、図3に示すように、ボール弾道計測装置1の画像処理装置2に夫々接続されている。画像処理装置2は、接続するカメラ数と同数のA/Dコンバータ7、画像記憶媒体8および演算処理装置9を備えており、上記A/Dコンバータ7を介して各CCDカメラ21-1~3、22-1~5、23を接続すると共に、取り入れた画像データを画像記憶媒体8、演算処理装置9へと順に送るようにしている。これらは、A/Dコンバータ7、画像記憶媒体8、演算処理装置9は、接続するカメラ数に応じて適宜増減でき、画像処理装置2に後から追加接続することも可能である。また、画像処理装置2は、他に画像メモリ12及びモニター4と接続されるD/Aコンバータ10も備えている。

【0037】一方、上記画像処理装置2と接続される制御装置3はホストコンピュータ5と弾道測定用のコントロール装置6とからなり、該コントロール装置6はホストコンピュータ5と画像処理装置2の間に介設し、ホストコンピュータ5からの指令を画像処理装置2に出力している。また、画像処理装置2からの信号はコントロール装置6を介してホストコンピュータ5に入力するようにしている。

【0038】さらに、上記ホストコンピュータ5には、打撃位置P2より打撃方向の前方位置（打撃位置P2より1センチ前方）には、設置しているレーザ検出装置11を接続している。レーザ検出装置11はゴルフボールが打撃されたことを検出するものであり、打撃を検出すると、レーザ検出装置11よりホストコンピュータ5へ検知信号が outputされ、ホストコンピュータ5は上記信号を受けてコントロール装置6へ計測開始の信号を出力し、該コントロール装置6は、この指令を受けて画像処理装置2に計測開始のトリガー信号を出力して、各CCDカメラ21-1~3、22-1~5、23で画像信号の取り込みを開始するようにしている。なお、レーザ検出装置11は打撃位置の後方に配置し、打撃する直前の移動物（ゴルフクラブ等）の通過を検出するようにしてもよい。

【0039】また、ホストコンピュータ5にはボール打撃開始時から計測終了時までの所定時間（6秒～10秒）を予め入力しておき、所定時間が経過すると、ホストコンピュータ5からコントロール装置6に停止指令が出力され、コントロール装置6により画像処理装置2に画像の取り込みを停止させる信号が出力されている。さらに、ホストコンピュータ5には、上記CCDカメラ21-1~3、22-1~5、23の設定位置の各距離 $\times 1$ 、y1、y2等の数値、各カメラ方向の傾斜角度や設置高さ、また、目標位置P1と打撃位置P2との距離D1等も予め入力されると共に、モニター4で表示される座標と実際の位置が対応するように位置校正（キャリブレーション）の演算がなされている。よって、ホストコンピュータ5には、位置校正された点のデータを記憶することができる。モニター4は、最高点の画像、落下点の画像、ズレの画像を適宜切り換えて表示するようにしており、画面を分割して同時に上記各画像を表示することも可能である。なお、接続するカメラ台数が多い場合等には、画像処理装置2と制御装置3を複数台用意すると共に夫々接続し、画像処理装置2に接続するカメラ台数を適宜振り分けて各カメラからの画像を並列処理することで、演算処理を効率的に行うようにしてもよい。

【0040】上記ボール弾道の計測装置を用いた計測手順を、以下に説明する。図4に示すように、打撃位置P2よりゴルフボールBが打撃されて飛び出すと、レーザ検出装置11により検知されて、弾道計測装置1の画像処理装置2に計測開始信号が入力され、該入力により各画像記憶媒体8は、各CCDカメラ21-1~3、22-1~5、23から各A/Dコンバータ7を介して $1/30\text{sec}$ のフレームレートで連続的にフレームメモリの取り込みを行う。各画像記憶媒体8に接続した演算処理装置9は、フレーム間差分ピークホールド演算を行うと共に、弾道サーチプログラムで設定した弾道最高点の検出を行う。

【0041】上記フレーム間差分ピークホールド演算とは、 $1/30\text{sec}$ で連続的に入力されてくるフレームメモリー間で順に比較して、フレームメモリーの画素のうち変化のあったピーク（ゴルフボールの場合は白い反射光となるため、濃淡判定で最も白い部分）の画素メモリーのみを残し、変化のない背景等のメモリーを消去していく処理である。この処理をゴルフボールの打撃時からボールが停止する所定時間行うことにより、例えば、最高点検出用CCDカメラ21-1により取り込まれたフレームメモリにより、図5に示すようなボールの弾道だけが連続した一本の線として残る1枚の画像が生成される。

【0042】上記ボールの弾道を1本の連続線で示す1枚の画像データは、D/Aコンバータ10を介してモニター4にリアルタイムで表示すると共に、画像処理装置2内の別の画像メモリ12に1ボール当たりの画像データを記憶する。

タを例えば48画面モードで1ファイルとして記憶しておくことができる。

【0043】上記弾道サーチプログラムで設定した弾道高さ（最高点）の自動測定は、図5のボール弾道だけが連続した線として生成された画像に対して、水平走査あるいは垂直走査で、白黒反転判定を行うことにより弾道の最高点を検出している。例えば、最高点判定パラメータを設定して演算処理装置9に入力しておき、図6

（A）に示すように、モニター4上の最低位置から上に向かって順に水平走査を行い、水平走査で線が判定されて（白）となると、上に向かって判定を続け、設定したパラメータ以上に上下に線が離れて（黒）に反転すると、そこを弾道の最高点H1と判定している。

【0044】即ち、モニター4上に表示されるCCDカメラから取り込んだボールの弾道は連続した線となるために、最低位置から上に向かって順次、水平走査で白黒反転判定を行うと、最高点に達するまでは上記パラメータ以下であり、弾道の最高点H1に達すると上記パラメータ以上となるため、弾道の最高点H1を精度良く自動検出できる。

【0045】また、最高点の検出は上記以外にも、図6（B）に示すように、モニター4上の最高位置から下に向かって順に水平走査を行っても、水平走査で線が判定されない（黒）の状態から、設定したパラメータ以上に上下に線が接近して（白）になると、そこを弾道の最高点H1と判定できる。さらに、図6（C）（D）に示すように、垂直走査で左から右、又は、右から左に判定を行うことで最高点H1を検出できる。即ち、垂直走査を左から右（或いは右から左）に行って、ボール弾道線との交点が最も上部になった点を最高点H1として検出できる。

【0046】上記のように弾道の最高点H1を自動検出すると、この検出点に基づいて、モニター4上における最高点H1が、図4に示す現実の最高点H2の高さT及び打撃位置P2から最高点に至るまでの水平飛距離K1において、どのような数値になるかを、演算処理装置9および制御装置3の位置校正（キャリブレーション）する演算により自動的に算出され、算出結果となる最高点H2と高さTの数値がモニター4に表示されている。なお、本実施形態では、3台の最高点検出用CCDカメラ21-1～3を用いているので、3台全てのカメラからのボール画像を全て上記のように処理しているが、最高点を正確に捉えることができたカメラからの画像のみを上記のように処理して、ホストコンピュータ5等による処理手続きの効率化を図るようにしてもよい。

【0047】一方、落下点検出用CCDカメラ22-1～5で撮影したボール画像も、上記同様に自動計測を行うことで、図7に示すように、一本の連続線として残存するボール弾道を生成する。上記生成したボール弾道よりボールの地面への落下点G1を検出するには、上記同

様に水平走査を上下いずれかの方向より、あるいは、垂直走査で左右いずれかの方向より順に白黒反転判定を行っている。この判定により検出された落下点G1に基づき、モニター上における落下点G1が、図4に示す打撃位置P2から現実の落下点G1に至るまでの飛距離K2としてどのような数値になるかを演算処理装置9および制御装置3を用いて自動的に位置校正し、モニター上に飛距離K2を表示している。なお、上記同様の画像処理で転がり終点G2の位置および距離も算出可能である。

【0048】さらに、ズレ検出用CCDカメラ23で撮影したボール画像も、上記と同様にして自動計測を行っている。この計測により、図8に示す一本の連続線のボール弾道画像を生成し、上記同様の水平走査を上下いずれかの方向より、あるいは、垂直走査で左右いずれかの方向より順に白黒反転判定を行っている。この判定により落下点G1の検出を行い、位置校正により現実にいずれた距離を算出し、モニター4に表示している。

【0049】このように、モニター4を一目見ればボールを打撃した種々の結果を確認することができるので、ゴルフボール等のボールに関する各種の試験やゴルフアーチの練習等に本計測装置は好適に用いることができる。

【0050】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、各CCDカメラ21-1～3、22-1～5、23を必ずしも全て用意する必要はなく、用途等に応じて必要なCCDカメラのみを画像処理装置2に接続して使用するようにしてもよい。この場合、接続するカメラ数に応じたA/Dコンバータ7、画像記憶媒体8および演算処理装置9のみを画像処理装置2に備えるようにしてもよい。

【0051】例えば、ホールの飛行方向のズレのみ計測したい場合は、ズレ検出用CCDカメラ23のみと、該カメラに対応するA/Dコンバータ7等を備える画像処理装置2を有するシステムで、ボール弾道の計測装置1を構成し、上記同様に自動計測を行うことで飛行方向のズレを算出できる。また、この場合、カメラ方向を予想最高点に向けて上方に傾ければ、図9に示すように、第三CCDカメラ23のみで最高点の高さの検出も可能となる。最高点を検出できれば、位置校正で実際の高さも算出できる。

【0052】さらに、ボールの飛距離のみを計測したい場合は、落下点検出用CCDカメラのみを用いればよく、最高点のみを計測したい場合は、最高点検出用CCDカメラのみを、最高点とボール飛距離を検出したい場合であれば、最高点検出用CCDカメラと落下点検出用CCDカメラを個別に使用するようにしてもよい。また、ズレと飛距離を計測したい場合は、落下点検出用CCDカメラとズレ検出用CCDカメラを、ズレと最高点を同時に計測したい場合は、最高点検出用CCDカメラとズレ検出用CCDカメラを用いるようにしてもよい。

【0053】その上、これら計測したボール弾道の軌跡

や計測結果をメモリ等に記憶させておき、複数回の計測における弾道の軌跡を重ね合わせるようにして、飛距離等に関する計測値の比較も行えるようにしてもよい。なお、本発明の計測装置はゴルフボール以外のテニスボール等の各種ボールや飛行物品の弾道計測にも適用可能である。

#### 【0054】

【発明の効果】上記した説明より明らかなように、本発明のボール弾道の計測装置を用いることで、ボールの弾道の画像を一本の連続線として生成することができ、最高点、落下点、ズレの検出をモニター上で精度良く行うことができる。さらに、これら最高点等の検出を基にして、実際の最高点の高さ、飛行距離、落下点目標位置とのズレ等を位置校正演算により精度良く自動で計測できるので、ボールの飛行に関する各種実測値に対応する数値を容易に確認することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の計測装置における各CCDカメラの設置位置を真上から見下ろした状態の概略図である。

【図2】 (A) (B) (C) は、各CCDカメラのカメラ方向を示す概略図である。

【図3】 本発明の計測装置における各機器の接続図である。

【図4】 本発明の計測装置における各CCDカメラの設置位置を示す横方向からの概略図である。

#### 【図5】 モニター上に表示された横方向からのボール

弾道軌跡を示す概略図である。

【図6】 (A) (B) (C) (D) は、最高点の検出状況を示す概略図である。

【図7】 落下点の弾道および落下点検出状況を示す概略図である。

【図8】 ボールのズレを示す後方からのボール弾道および落下点検出状況を示す概略図である。

【図9】 最高点を含む後方からのボール弾道および最高点検出状況を示す概略図である。

【図10】 従来のボール画像であり、(A) は連続していないボール弾道軌跡の概略図、(B) は問題点を示す概略図である。

#### 【符号の説明】

1 ボール弾道の計測装置

2 画像処理装置

3 制御装置

4 モニター

5 ホストコンピュータ

6 コントロール装置

8 画像記憶媒体

9 演算処理装置

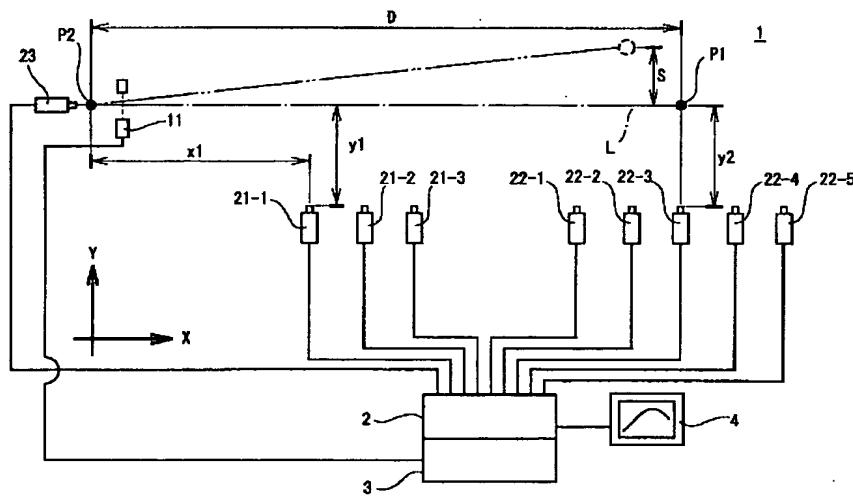
11 レーザ検出装置

21-1~3 最高点検出用CCDカメラ

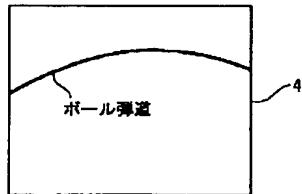
22-1~5 落下点検出用CCDカメラ

23 ズレ検出用CCDカメラ

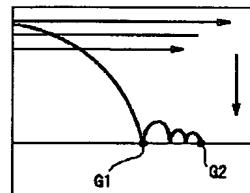
【図1】



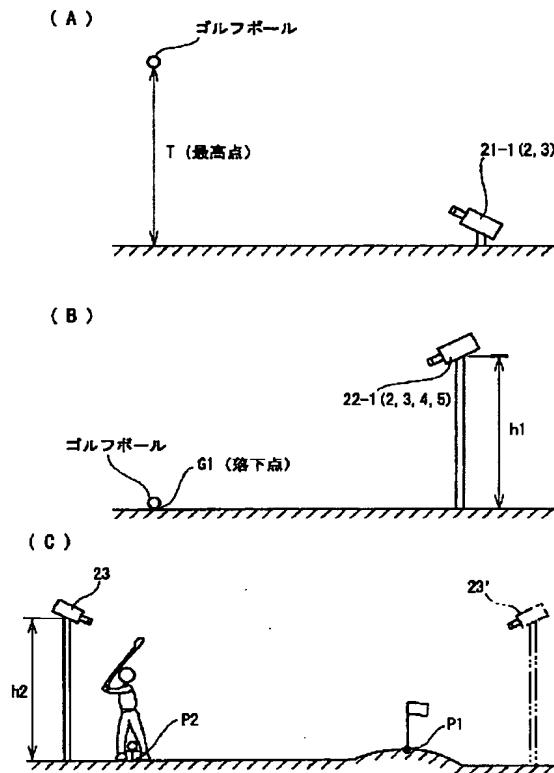
【図5】



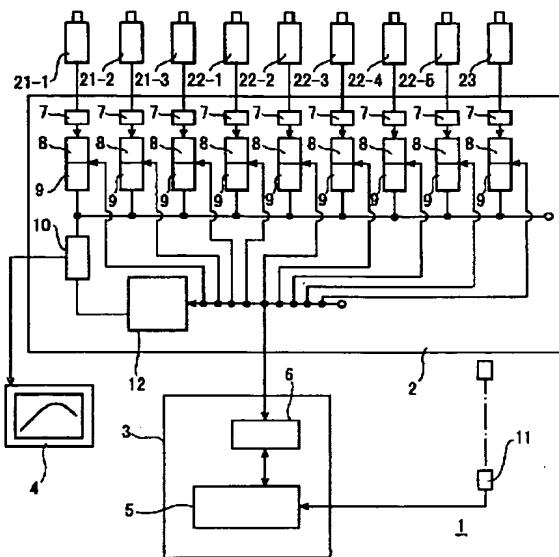
【図7】



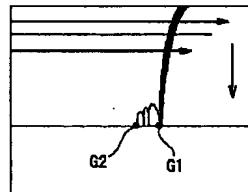
【図2】



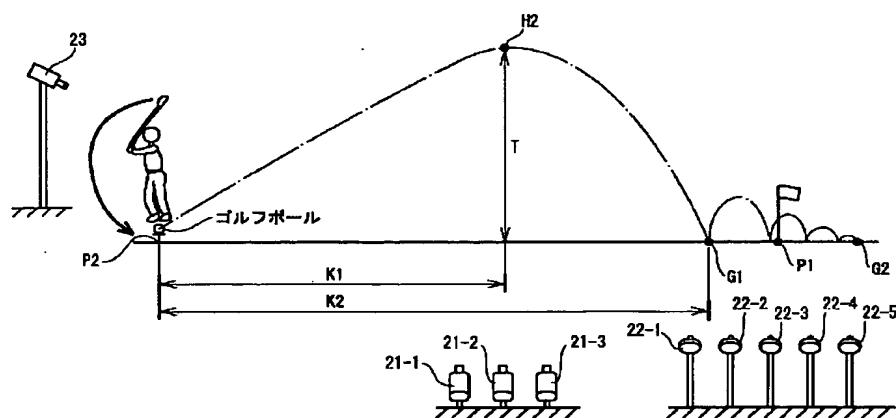
【図3】



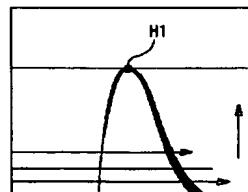
【図8】



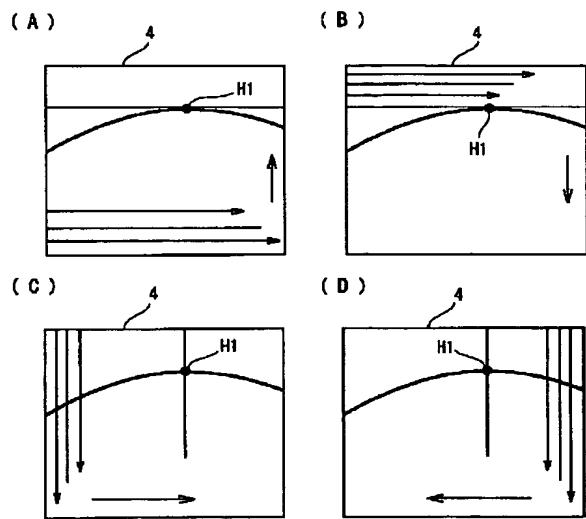
【図4】



【図9】



【図6】



【図10】

